

国外核电站安全法规汇编

法国核安全法规专辑

第三册

基本安全规则(RFS)

国家核安全局

核工业部科技情报研究所



译者：核工业部二院程万里等

校者：核工业部情报所于鑫坤

责任编辑：张士贵

目 录

1、NO、I、2、a规则:	4
有关飞机坠毁的危害	
2、NO、I、2、b规则:	7
汽轮发电机组损坏后产生的飞射物 引起的危害	
3、NO、I、2、o规则:	9
安全分析中考虑的地震运动计算	
4、NO、I、2、d规则:	23
电厂邻近的工业环境和运输路线的 潜在危险估计	
5、NO、I、2、e规则:	45
与外部洪水有关的危害的考虑	
6、NO、I、3、a规则:	60
单一故障准则在安全分析中的应用	
7、NO、I、3、b规则:	60
地震仪	
8、NO、II、2、2、a规则:	66
安全壳喷淋系统的设计	
9、NO、V、1、a规则:	70
事故安全分析中考虑燃料释放放射 性的规定	

10. NO. V. 1. b 规则:	75
气象测量仪器仪表	
11. NO. V. 2. a 规则:	81
质量保证通风规则	
12. NO. V. 2. b 规则:	95
土建工程通用规则	
13. NO. V. 2. c 规则:	97
机械设备制造通用规则	
14. NO. V. 2. d 规则:	99
电气设备制造通用规则	
15. NO. V. 2. e 规则:	102
燃料组件制造通用规则	
16. NO. V. 2. f 规则:	105
防火通用规则	
17. SIN Z 3229 / 30	107
关于“90万千瓦(电)压水堆核电厂系统设计和建造规则”(RCC-P)的审查结论	

NO. 1. 2. a 规则

有关飞机坠毁的危害

1. 范 围

本规则尤其根据空中交通产生危害的情况提出了对压水堆安全分析的要求。

2. 文 本

2. 1 把飞机分成三种类型:

- 普通飞机 (重 5. 7 吨以下);
- 商用飞机;
- 军用飞机。

就每个厂址而言,都要用法国制定的评价方法,针对每个安全功能进行每种类型的飞机坠毁概率分析。为了作出这种评价,公式中引用了内部设有执行每种安全功能设施的厂房之有效面积的概念。

这种概念确定了所要分析的“靶”面积,相当于这些厂房根据飞机可能坠毁的方向按圆柱体在地面上投影的平均面积。

2. 2 把要受保护的“靶”定义为保证以下三种“安全功能”所必需的所有构筑物和设备:

- 停堆和余热排除;
- 乏燃料贮存;
- 放射性废物处理。

如果不可能分析这种危害对“靶”一部份的影响,为了保证安全,则应对内部放置该靶的厂房加以保护。

2.3 对上述每种安全功能来说,在厂址边界处,不可接受的放射性释放的最大概率的数量级〔1〕为:

$$10^{-6} \text{ / 年 / 机组}$$

然而,考虑到具有类似效应的事故概率必然增大,所以,对每一类危害,上述所定义的每种安全功能选取一个最大的事件发生概率值。此值约为 10^{-7} / 年 / 机组。

3. 说明

3.1 根据统计分析结果,在法国,对于标准化机组的构筑物的设计,要考虑的唯一风险是来自普通飞机的坠毁。

为此,厂房的设要考虑两类普通的飞机:

——重1.5吨的CESSNA 210单发动机飞机;

——重5.7吨的LEAR JET 23型双喷气发动机飞机。

假定这两种飞机以100米/秒的速度碰撞到厂房上。

3.2 这样的危害事故造成的不可接受的放射性释放概率 P 估算如下:

算出危害的发生概率 P_1 ;安全功能不能得到保证的概率 P_2 ,以及此危害在厂址边界处造成不可接受的放射性排放的概率 P_3 。由此得到下面的方程式:

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3$$

a) P_1 可根据已经发生事故的统计分析来确定。

b) 一般说来, P_2 按下述情况确定:

——若设有执行安全功能设施的厂房能抗外部冲击,则 $P_2 = 0$,

因此 $P = 0$ 。

注〔1〕 按实施标准,采用对数值。

在相反情况下:

- 对工程安全设施:

——若该系统不是冗余的,或布置过于接近,则 $P_s = 1$, 如果该系统是冗余的并分散布置,则用可靠性技术尽力定量地求出 P_s 。

- 对用于贮存或容纳放射性物质的设备, $P_s = 1$ 。

o) 若 P_s 难于定量,则取 $P_s = 1.0$ 。对燃料贮存井而言,应根据贮存时间来研究可能释放的放射性,以获得比较精确的概率释放值。同样,对于液态和气态废物处理系统而言,对法国潜在放射性效应所作的分析已证明,这些释放是可以接受的,因此,取 P_s 值为 0。

3.3 对某个特定厂址,如果预计到这些概率值在数量级上有变化,则在工厂设计时必须针对这种变化作出一些规定。另一方面,在这些变化出现时,若该电厂建造许可证已经颁发,则电厂经营者必须向中央核设施安全局提交一份新的概率评价报告,该局将由此作出结论。

NO. I. 2. b 规则

汽轮发电机组损坏后 产生的飞射物引起的危害

1. 范 围

本规则对汽轮发电机组损坏后散射出的飞射物所引起危害的分析提出了要求。

2. 文 本

2. 1 高能飞射物的散射可能由超速时的延性断裂或脆性断裂所引起。

要考虑的唯一高能飞射物产生于低压涡轮圆盘的转动部分。

2. 2 从冶金学观点看, 当转子速度超过材料所能承受的最大超速时会产生延性断裂。

应校验下列各点:

——汽轮机的转子和叶片的转速在超过额定转速的 150% 与 200% 之间 (取决于转子的类型) 时, 具有良好的性能。

——超速保护系统的高度可靠性;

——在蒸汽入口阀处设置监视装置以防止失效来改善这些阀的可靠性;

——为进一步减少超速风险的汽轮发电机组分级跳闸装置的动作。如上述校验结果是有利的, 则毋须考虑延性断裂。

2. 3. 1 关于脆性断裂, 要特别注意;

——制造检验, 包括检查比在额定转速下能够引起转子断裂的最

大缺陷要小得多的缺陷。

——限制易于引起缺陷扩展和超速危险的各种瞬变的条款。

2·3·2 如果上述检验结果是良好的，则脆性断裂风险的概率就低。由于在目前运行经验的条件下上述预防措施尚不能排除这种断裂的可能性，因此，作出下列规定。

——如散射出具有不可接受后果的飞射物的概率远高于 10^{-2} 时，〔1〕则应设置防飞射物挡墙，以防根据汽轮机特性确定的参考飞射物（当汽轮机与给定机组的反应堆厂房成切线布置时，通常就是这种情况）。

——在汽轮机不与反应堆厂房成切线布置的情况下，不需要附加防护。但在厂址的地理条件许可时，应设法布置好机组的方位，致使上段中所述的概率减小。

3. 说明

对于汽轮机与反应堆成切线布置的法国900兆瓦（电）机组，2·3·2节中的防飞射物挡墙的设计应能保护核岛装置免遭下述参考飞射物的直接冲击：

——质量：3.6吨；

——速度：92米/秒。

〔1〕 按实施标准。采用对数值。

NO. I. 2. 0 规则

安全分析中考虑的地震运动计算

1. 范围

1.1 法国管理实施细则要求提供一些设备和系统,即使它们在厂址发生预期可信的地震后,仍然能够保证反应堆紧急停堆和堆芯冷却,并能够防止放射性物质大量释放到环境中去。

本规则的目的在于,为计算在设施的地震设计中考虑的地震运动规定一种可接受的方法。

1.2 随后的规则将为以地震运动为根据的计算方法规定总的范围,并确定垂直和水平运动之间的关系。同时,这些计算必须根据运营者提出的建议来进行,并应在现行的管理程序范围内加以分析。

1.3 为了制订适用于核设备抗震保护的总原则,成立了一个专门工作组。制订本规则时采用了这些总原则。

1.4 为了制订本规则,建立了一个核反应堆的常务委员会。

2. 文本

为了符合上述第1节中的管理规定,必须采用下面阐明的程序。该程序是以“历史最大可能地震”(MHPH)及“安全停堆地震”(SSH)的定义为基础的。

对于每个厂址,必须按照2.2节及2.3节中确定的程序对这些地震进行评价;地区地震(g)[1]的特殊情况在2.4中处理。第2.5节规定了在设计每个核设施时针对上述地震引起的运动[1] 符号(g)见本规则末的术语解释。

所考虑的条件。最后，第2·6节规定了实施本规则可以追溯的条件。

2·1 参考地震的定义及确定

2·1·1 基本方法是确定论法，它的根据是假设未来可能发生类似于历史上有记载的地震，而且由于震中位置所引起的现场效应〔以 $M \cdot S \cdot K(g)$ 烈度测定〕将最为严重，并与地质和地震资料相符。

必须利用2·2节中明确指出的方法来审查厂址周围地震断层(g)和地质构造区($\circ$)〔2〕，以及历史记载的地震资料($\circ$)。

为了使有关厂址所预期的历史最大可能地震有把握，所调查的地理范围必须尽可能广阔些。

这种调查将有可能为有关厂址确定一次或多次历史最大可能地震($MHP\equiv$)，即根据上述分析，可能产生最严重现场效应的那些地震。

利用历史记载的地震资料只对数百年前曾发生过地震具有充分证据(遗迹、档案、报纸、多种文件，可能还有些更详细的地震测试数据)的那些地区才是有效的。这在西欧是通常的情况。

2·1·2 根据这种方法确定的每次历史最大可能地震，就可确定“安全停堆地震。”下列简单方程式说明了安全停堆地震与历史最大可能地震之间的关系，以 MSK 表测得的现场烈度，

$$I_{SSH} = I_{MHP\equiv} + 1 \quad (MSK \text{ 烈度单位})$$

这些地震被认为是产生最严重的地面振动的地震。对此，某些结构、系统和部件应设计成仍能保持其功能，目的是使电厂在寿期内避免遭受比由这种地面运动引起的更为严重的荷载。

〔2〕 符号($\circ$)见本规则第3节解释。

2·1·3 在某些情况下，这种一台机组的余量，可允许在电厂建造或运行期间对历史最大可能地震或其波谱作可能的再评价。这种评价也许起因于改进的方法论或更详细的地区性历史史料。在这种情况下以及在需要之处，行政管理当局应保留要求对有效的安全裕量进行任何有益的补充评价的权利。如有必要，还要求采取某些补充措施。

2·2 历史最大可能地震评价程序

2·2·1 确定历史最大可能地震的基本资料

确定历史最大可能地震的程序在性质上是确定论的。它考虑到地震断层及地质构造。应将这两方面与历史记载的地震资料所提供的信息。以及可能还有较近期记录的资料结合起来进行分析。

a) 在绘制表明地质构造特点的法国城市的地图时，就收集了可用来确定地震事件和地质构造的主要信息。此图可用作基本文件。

评价每一特定厂址并不一定会提供所需的全部数据资料。所以对每一厂址作进一步深入的研究以补充此图。这些研究必须尽早地进行。但在必须作出不可改变的決定且还没有完成这些研究的情况下，则必须作很保守的估计。

b) 确定地质构造区域，必然涉及地震活动方面的考虑。这些区域的界限取决于有关一些大构造断层的现有资料，而且是根据地理学准则。具体的地质特性以及由上新世的和第四纪的地质构造(g)迹象。一些可利用的地震数据，或许还由地貌(g)推断出来的均质指数来确定的。不过，除了特殊情况外，精确地确定这些界限通常是很困难的。

c) 作为评价地震效应本身的实际知识。历史记载的地震资料

就显得相当地不够精确了(有时甚至是不准确的)。因此,在初步安全分析报告阶段,就必须搜集并说明一切有关的资料。

a) 确定历史最大可能地震所用的地震特征。必须尽可能准确地加以确定,同时要考虑到地质构造和地震历史史料。

这些特征如下:

——震中烈度(g)和等震线(g)

——震中和震源深度(g)

——当地的震级(g)

——必要时的地震数据(g)

——受运动传播影响区的特性。

根据2·2·3节所述程序,利用这些特性有可能确定历史最大可能地震的响应谱(g)。

2·2·2 历史最大可能地震的确定

a) 除了那些与某个具体的地震断层之间的关系可以证实的地震外,厂址地质构造区在历史上曾报道过的地震,都必须认为会在厂址发生。

b) 那些处在一个邻近地质构造区但与某个具体的地震断层无关的地震,必须认为可能在该区域离厂址最近的一点发生。

c) 那些与某个具体的地震断层有关的地震,必须认为可能在断层最靠近厂址那一点发生。

根据前面的判定,可能产生最严重现场效应的地震,就是历史最大可能地震。

电厂安全分析报告提供了根据上述程序用于确定历史最大可能地震的主要数据和假设。

2.2.3 与已知历史最大可能地震相应的响应谱的计算*

应用已知历史最大可能地震的响应谱可计算相应的安全停堆地震的响应谱。历史最大可能地震谱与震级 M 、烈度 I 以及震中距离 R (s) 紧密相关。

后两个特征系根据强震数据 (震中烈度及等震线) 用经验关系式 (c) 来确定, 必要时还要用测得的数据予以补充。

响应谱的计算方法是基于对“地震资料库” (c) 中大量记载的研究, 它包括以下步骤:

a) 根据下列经验关系式 (c), 按需要调整或补充那些可利用的数据, 直至与地震资料库的记载相符:

$$aI + b \log_{10} R + c \text{ (属于震级间隔 (ML)) } \pm \sigma M \quad (1)$$

式中: ML ——当地的震级

I ——以 MSK 表达的烈度

R ——离震中距离, Km

系数 a 、 b 、 c 及偏差 σM 根据地震资料库所有的记载来确定, 现取为:

$$a = 0.55 \quad b = 2.2 \quad c = -1.14 \quad \sigma M = 0.4$$

根据第 2.3 节的应用模式, 历史最大可能地震的震源深度不变。

b) 与历史最大可能地震相应的响应谱按下述类型的公式进行计算:

$$S = S_0 10^{2ML} R^n \quad (2)$$

对于给定的阻尼值 (c), 该式将响应谱 (s) 与震级 ML 和震源距 R 相联系。相关系数 (c) S_0 , α 和 n (频率的函数) 系根据

*, 这些导则不适用于震源距小于 $10 Km$ 的地震。

地震资料库中与该次历史最大可能地震所采用的、烈度相同的记载来确定。

2·3 与安全停堆地震相关的响应谱的确定*

这些响应谱不是由(2)式计算得来的,而是当有足够的数时,将 S 乘以倍增系数 $(\sigma)K$ (频率的函数),由历史最大可能地震推导而来。应针对每一厂址,通过研究烈度分别等于历史最大可能地震和安全停堆地震强度之地震相应的响应谱之间的关系来证明这些系数的合理性。

然而,对于烈度等于或超过Ⅷ的地震,由于有关倍增系数的资料甚少,就得采用在烈度为Ⅶ~Ⅷ和Ⅷ~Ⅸ之间所得到的倍增系数。

a) 首先计算系数 K ,这时假设安全停堆地震震源深度和震源距等于历史最大可能地震震源深度和震源距,并假设在历史最大可能地震与安全停堆地震之间的烈度增加一度仅是导致震级增加某个量,此增加的量按2·2·3节应为 $a=0.55$ 。

b) 然后将系数 K 作为假设在历史最大可能地震震源深度上下, h_1 与 h_2 之间的安全停堆地震震源深度的函数进行灵敏度分析,并与可利用的地质构造层的数据相匹配。相应于最小深度 h_2 的震源距不得小于 10 km ,这是目前考虑实施本方法所允许的限值。

对三种深度 h_1 、 h_{MHP} 、 h_2 得到的安全停堆地震谱即构成与已知历史最大可能地震相匹配的该厂址的安全停堆地震谱。

c) 万一由于缺少足够的数,上述a)和b)段中所规定的程序不适用时,则倍增系数取为常数,并对所有频率皆等于2。

* 这些导则不适用于震源距小于 10 km 的地震。

2·4 地区地震的考虑

2·4·1 地区地震的具体特征

在一个非常浅的及弱震级（约5级或低于5级）地震的震中附近观察到的地面运动，如果与那些震源离记录位置较远（10Km或更远）的地震所产生的地面运动比较，则具有一些特点：

——信号持续时间短；

——最大地面运动的数值高；

——响应谱具有相对窄的峰区，其频率在3~10 Hz 范围内变化。

有关这些运动现有的可利用数据，从统计学来看，利用上面

2·2·3中所述的经验公式(2)，对于建立计算响应谱的完善方法仍然是不够的。这些地震的处理在以下2·4·2及2·4·3节中加以叙述。

就确定震中区的运动而言，高震级地震（6级或更大）的震源区太大，以致不能视为点震源。需对这些震源区进行具体分析，其特性不能在本规则中予以规定。

2·4·2 低震级地震谱

目前尚无一种可靠的方法可用来确定适用于其代表性已充分确定的某厂址的地震谱。然而，运营者应尽力提出适合该厂址的地震谱，万一这一方法行不通，则可采用以下常规方法。

要考虑的谱形式（5%临界阻尼）以对数—对数图表来表达，该图为连接下表各点的线段所组成：

频率 (Hz)	1	2	5	8	10	20	>30
放大率 (g)	0.35	0.9	2.1	3.2	3.0	1.5	1.0

该图将按照下表中所列加速度 ($F \geq 30 \text{ Hz}$)。针对烈度加以调整。

烈度 I	Ⅵ	Ⅶ-Ⅷ	Ⅷ	Ⅸ-X	X
加速度 (g)	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6

2.4.3 适用范围

在历史最大可能地震烈度小于或等于Ⅵ度的情况下，设计时不必考虑这些地震。

在所有其他情况下，应根据类似2.1节中所述的确定论分析，或根据概率风险分析(○)来确定适用范围。

就确定论分析法而言，必须利用2.4.2节所规定的谱。

就概率分析法而言，分析必须在可利用的地质及地震资料的基础上进行。2.4.2节所述的谱被看作相应烈度等级所得谱的95%置信区间的上限。将这些谱除以2就得出中值。若不可接受的裂变产物释放的年概率在对数标度上明显超过 10^{-7} /年，则所得之谱只能在2.5节中规定的总范围内应用。如果这些结果不是精确计算的，但运营者能证明，上述分析不利于所建议的概率评价，则 10^{-7} /年之值可降为 10^{-6} /年。

2.5 抗震设施的设计

在设施的抗震设计中，在2.2、2.3和2.4节中确定的地面运动可利用如下：

~16~